Aus dem Institut für Hygiene und Mikrobiologie der Universität Würzburg

Vorstand: Professor Dr. med. H. P. R. Seeliger

UNTERSUCHUNGEN ZUR BEURTEILUNG DES FREIZEITWERTES EINES MAINABSCHNITTES AUS BAKTERIOLOGISCH-HYGIENISCHER SICHT

I n a u g u r a l - D i s s e r t a t i o n

verfaßt und der

Hohen Medizinischen Fakultät

der

Julius-Maximilians-Universität Würzburg

zur

Erlangung der medizinischen Doktorwürde

vorgelegt von

Willi Seubert

aus Würzburg

Würzburg, Juni 1982

Aus dem Institut für Hygiene und Mikrobiologie der Universität Würzburg
Vorstand: Professor Dr. med. H. P. R. Seeliger

UNTERSUCHUNGEN ZUR BEURTEILUNG DES FREIZEITWERTES EINES MAINABSCHNITTES AUS BAKTERIOLOGISCH-HYGIENISCHER SICHT

Inaugural-Dissertation

verfaßt und der
Hohen Medizinischen Fakultät
der
Julius-Maximilians-Universität Würzburg
zur
Erlangung der medizinischen Doktorwürde

vorgelegt von
Willi Seubert
aus Würzburg

Würzburg, Juni 1982

Referent:	Prof. Dr. phil. W. Döll
Korreferent:	Prof. Dr. med. H. P. R. Seeliger
Dekan:	Prof. Dr. K.-A. Bushe

Tag der mündlichen Prüfung: 22.7.1982

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der
Universität Würzburg

Inhaltsverzeichnis

		Seite
1.	Einleitung und Fragestellung	1
2.	Objekt, Material und Methode	3
2.1.	Beschreibung des Untersuchungsobjekts	3
2.1.1.	Geographische Übersicht	3
2.1.2.	Anlieger und Arten der Nutzung	5
2.2.	Beschreibung der Entnahmestellen und Kriterien zu ihrer Auswahl	5
2.2.1.	Entnahmestellen	5
2.2.2.	Entnahmetiefen	7
2.2.3.	Entnahmetermine	7
2.2.4.	Probenanzahl	8
2.3.	Untersuchungstechniken	8
2.3.1.	Bestimmung der Gesamtkeimzahl (Koloniezahl)	8
2.3.2.	Bestimmung des Titers von Escherichia coli und coliformen Keimen	9
2.3.3.	Qualitativer und semiquantiativer Nachweis von Salmonellen	11
2.3.4.	Qualitativer Nachweis von Pseudomonas aeruginosa	13
2.4.	Physikalische Meßwerte	13
2.4.1.	Wassertemperatur	
2.4.2.	Lufttemperatur	14
2.4.3.	Wasserstand	14
2.4.4.	Wasserabfluß	14
3.	Ergebnisse	15
3.1.	Gesamtkeimzahl	15
3.2.	Titer von coliformen Keimen	17
3.3.	Titer von Escherichia coli	17
3.4.	Qualitativer und semiquantitativer Nachweis von Salmonellen	19
3.5.	Epidemiologie der Salmonellenbefunde	22
3.6.	Gegenüberstellung Salmonellen-Befunde und Colititerstufen	23

3.7. Qualitativer Nachweis von Pseudomonas aeruginosa 24

3.8. Gegenüberstellung der P. aeruginosa-Befunde mit den gleichzeitig ermittelten Salmonellenbefunden und Colititerstufen 25

3.9. Physikalische Meßwerte 26

4. Diskussion 28

5. Zusammenfassung 42

6. Literaturverzeichnis 45

1. Einleitung und Fragestellung

In unserer hochtechnisierten und organisierten Welt suchen viele Menschen nach Betätigung in der Natur. Dabei spielt das Wasser in vielerlei Hinsicht eine bedeutende Rolle. Neben vom Menschen geschaffenen Anlagen, wie Frei- und Hallenbädern, Saunen und anderen Einrichtungen, sind es besonders die natürlichen Gewässer, an die der Ruhe- und Erholungssuchende drängt. Diese Entwicklung ist mehr als modischer Trend; sie spiegelt sich in steigenden Mitgliederzahlen von Vereinen und Organisationen wieder, zu deren Wesensinhalt die Gestaltung der Freizeit am, im oder auf dem Wasser gehört.
Die Palette reicht vom Schwimm- und Tauchverein über Wassersportarten mit technischen Geräten bis hin zum Camping und Angelsport am Wasser. Dieser Entwicklung steht eine ständige Expansion von Industrieanlagen und Verkehrswegen gegenüber, die fortschreitend natürliche Erholungsreservate "verbrauchen". Dies blieb nicht ohne negative Auswirkungen auf die verschiedensten Bereiche unserer Umwelt. Dabei sind die natürlichen Gewässer, wie Bäche, Flüsse und Seen, mit am schlimmsten betroffen. SCHUA (1981) stellt z. B. dar, daß in den vom allgemeinen Wiederaufbau der Infrastruktur geprägten Nachkriegsjahren die Belastung und Verschmutzung des Vorfluters Main konstant zunahm und schließlich ihren Höhepunkt in den Jahren um 1962/63 erreichte; erst danach setzte eine langsame, aber bis in die Gegenwart kontinuierlich fortschreitende Verbesserung der Gewässergüte ein.
Diese Entwicklungen weckten das Bewußtsein großer Bevölkerungsgruppen auch für hygienisch-medizinische Folgen. Stichworte wie Gewässergüte und Gewässerverschmutzung gewannen zunehmende Bedeutung, zumal für die zusätzliche Gewinnung von Trinkwasser in sommerlichen Spitzenverbrauchszeiten oder in längeren Trockenperioden auf Oberflächenwasser zurückgegriffen wird.
Die vorliegende Arbeit beschreibt die Untersuchung eines Main-Abschnittes im Bereich der Stadt Würzburg, der für

verschiedene Erholungszwecke erheblich genutzt wird, aus hygienisch-bakteriologischer Sicht und unter Bezug zum Freizeitwert. Die zeitliche Ausdehnung der Probenentnahmen und Untersuchungen wurde deshalb auf die Monate des Jahres beschränkt, in denen die Hauptnutzung dieses Objektes stattfindet.
Aus dem gesamten Problemkreis wurden folgende Einzelfragen gestellt:

a) Wie verändern sich die untersuchten hygienisch-mikrobiologischen Messwerte während der Wassersport- und Badesaison 1980?
b) Korrelieren sie dabei mit physikalischen Messwerten?
c) Welche Rückschlüsse auf den Freizeitwert des Gewässers sind aus den Untersuchungsergebnissen zu ziehen?
d) Sind aus hygienisch-mikrobiologischer Sicht Konsequenzen für die Nutzer und Benutzer des Objekts zu erwarten?
e) Welche Untersuchungen sind bei der Überwachung eines natürlichen Gewässers aus hygienisch-bakteriologischer Sicht zu fordern?

2. Objekt, Material und Methode

2.1 Beschreibung des Untersuchungsobjekts

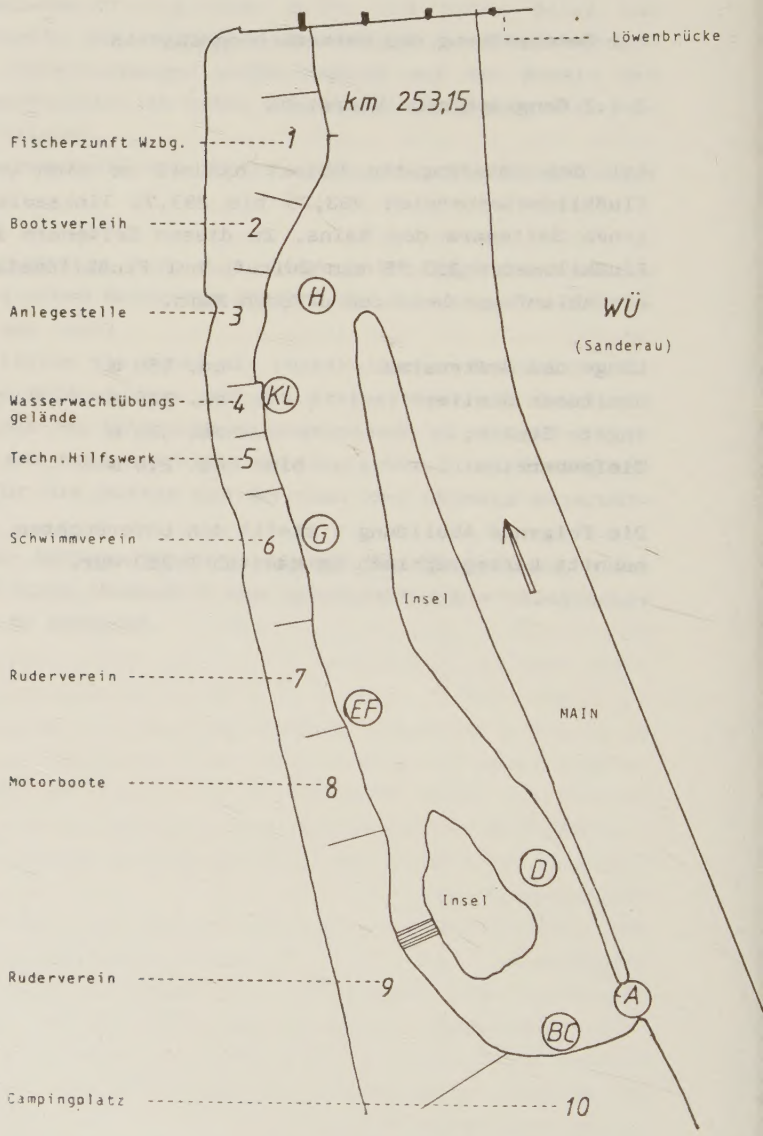
2.1.1 Geographische Übersicht

Bei dem untersuchten Objekt handelt es sich um den im Flußkilometerbereich 253,25 bis 253,75 linksseitig gelegenen Seitenarm des Mains. Zu diesem Seitenarm führt bei Flußkilometer 253,75 ein Zulauf, bei Flußkilometer 253,15 ein Ablauf aus bez. zum offenen Main.

Länge des Seitenarms:		ca. 550 m
breiteste Stelle:		ca. 125 m
engste Stelle:		ca. 25 m
Tiefenbereich:	bis	ca. 2,5 m

Die folgende Abbildung 1 stellt den untersuchten Mainabschnitt kartographisch im Maßstab 1:250 dar.

Abb. 1: Übersichtskarte des untersuchten Mainabschnittes im Bereich der Stadt Würzburg (Flußkilometer 253,15)



Legende: Bei den mit den Buchstaben A-L gekennzeichneten Stellen handelt es sich um die festgelegten Entnahmestellen. Die beschriebenen Anlieger sind mit den Zahlen 1-10 markiert. Die Karte ist im Maßstab 1:250 gezeichnet.

2.1.2 Anlieger und Arten der Nutzung

1. Fischerzunft Würzburg
   Anlegestelle für Fischereikähne und Aufbewahrungsort für gefangene Speisefische, die bis zu ihrer Verwertung in speziellen Behältern lebend im Flußwasser gehalten werden.
2. Bootsverleih
   Verleih von Ruder- und Paddelbooten an jedermann.
3. Anlegestelle für Motorboote und Segelboote verschiedener privater Anlieger.
4. Wasserrettungsstation der Wasserwacht
   Hier liegen einige Rettungsboote im Wasser, außerdem wird das Gelände für Rettungs- und Ausbildungsübungen für Schwimmer und Taucher der Wasserwacht genutzt.
5. Wasserübungsplatz des Technischen Hilfswerkes
   Auch hier wird am und im Wasser mit Booten und anderen Geräten gearbeitet.
6. Gelände des Schwimmvereins, genutzt zum Sonnen am Wasser und zum Einspringen in den Fluß beim Baden.
7. Ruderverein
   Anlegestelle für Sportboote
8. Anlegestellen für eine größere Anzahl von Motorbooten.
9. Ruderverein
10. Campingplatz mit Bootsanlegestelle und direktem Zugang zum Wasser.
11. Die gesamte Strecke wird von verschiedenen Anliegern zur Wochenend- und Feierabenderholung, als Spielfläche für Kinder, als Grillplatz und auch intensiv von Sportanglern genutzt.

2.2 Beschreibung der Entnahmestellen und Kriterien zu ihrer Auswahl

2.2.1 Entnahmestellen

Die Entnahmestellen wurden in der Reihenfolge, in der die Proben an den einzelnen Terminen entnommen wurden, mit den Buchstaben A, B, C, D, E, F, G, H, K, und L gekennzeichnet (siehe Abb. 1).

Zur Beschreibung der einzelnen Entnahmestellen:

Entnahmestelle A:
Die erste Entnahmestelle befindet sich noch im Bereich des frei fließenden Mains. Die an dieser Entnahmestelle gewonnenen Ergebnisse stellen Vergleichswerte zu den Entnahmestellen im eigentlichen Untersuchungsobjekt, dem Seitenarm dar (30 cm Wassertiefe, ca. 8 m vom Ufer).

Entnahmestelle B:
Lokalisiert ca. 0,5 m vor einer Uferbefestigung vor dem beschriebenen Campingplatz (30 cm Wassertiefe).

Entnahmestelle C:
Wie Entnahmestelle B, jedoch Entnahmetiefe 1 m.

Entnahmestelle D:
Lokalisiert in der Mitte des Seitenarmes, oberer Teil; Stelle starker Strömung; (30 cm Wassertiefe, ca. 15 m vom Ufer entfernt).

Entnahmestelle E:
Entnahme am Bootsanlegesteg der Rudervereine
(30 cm Wassertiefe, ca. 0,5 m vom Ufer entfernt).

Entnahmestelle F:
Wie Entnahmestelle E, jedoch in 1,3 m Wassertiefe.

Entnahmestelle G:
Unmittelbar vor einem Steg und einer Sonnenfläche des Schwimmbades (30 cm Wassertiefe, ca. 2 m vom Ufer entfernt).

Entnahmestelle H:
Lokalisiert in der Mitte des unteren Teils des Seitenarmes, hier stärkere Strömung (30 cm Wassertiefe, und ca. 25 m vom Ufer entfernt).

Entnahmestelle K:
Am Bootssteg und Schwimmereinstieg der Wasserwacht (30 cm Wassertiefe und ca. 1 m vom Ufer entfernt).

Entnahmestelle L:
Wie Entnahmestelle K, jedoch in 1,2 m Wassertiefe.

Alle Probenentnahmen wurden von einem Boot aus mit einem Entnahmegerät mit fest einstellbarer Entnahmetiefe und sterilisierbarem Schlauchweg entnommen.

2.2.2 Entnahmetiefen

Für die Untersuchung wurden zwei Entnahmetiefen festgelegt:
An den Entnahmestellen A, B, D, E, G, H und K wurden die Proben in 30 cm Wassertiefe entnommen. Diese Entnahmetiefe soll verhindern, daß Anflugkeime und andere Oberflächenverschmutzungen die eigentlichen Gewässerwerte verfälschen (WITZENHAUSEN, 1972).
An den Entnahmestellen C, F und L wurden die Proben aus den obersten Schlammschichten entnommen (Tiefe 1,0 bis 1,3 m).
Die Übergangstiefe Wasser/Schlamm wurde experimentell an diesen Entnahmestellen bestimmt; der jeweilige Wasserstand wurde berücksichtigt. So wurden an der Entnahmestelle C die Proben in 1,0 m Tiefe, an der Entnahmestelle F in 1,3 m Tiefe und an der Entnahmestelle L in 1,2 m Wassertiefe entnommen.
Proben aus diesen Tiefen sollten Aufschluß über die hygienisch-mikrobiologischen Verhältnisse in den Schichten geben, aus denen z. B. bei der Benutzung von Motorbooten erhebliche Mengen Schlamm in oberflächennahen Schichten aufgewirbelt werden und es dadurch zum Kontakt von Schwimmern, Tauchern und anderen mit diesem Material kommen kann.

2.2.3 Entnahmetermine

An folgenden Terminen wurden Wasserproben entnommen:

05. Mai 1980
19. Mai
02. Juni
09. Juni
23. Juni
30. Juni
07. Juli
14. Juli
21. Juli
28. Juli
04. August
11. August
18. August
25. August
01. September

Die Entnahmetermine wurden in diesem Zeitraum festgelegt, da in den Monaten Mai bis September die stärkste Freizeitnutzung der Oberflächengewässer stattfindet.

2.2.4 Probenanzahl

Insgesamt wurden 150 Wasserproben zu 100 ml und 150 Wasserproben zu 1000 ml untersucht.

2.3 Untersuchungstechniken

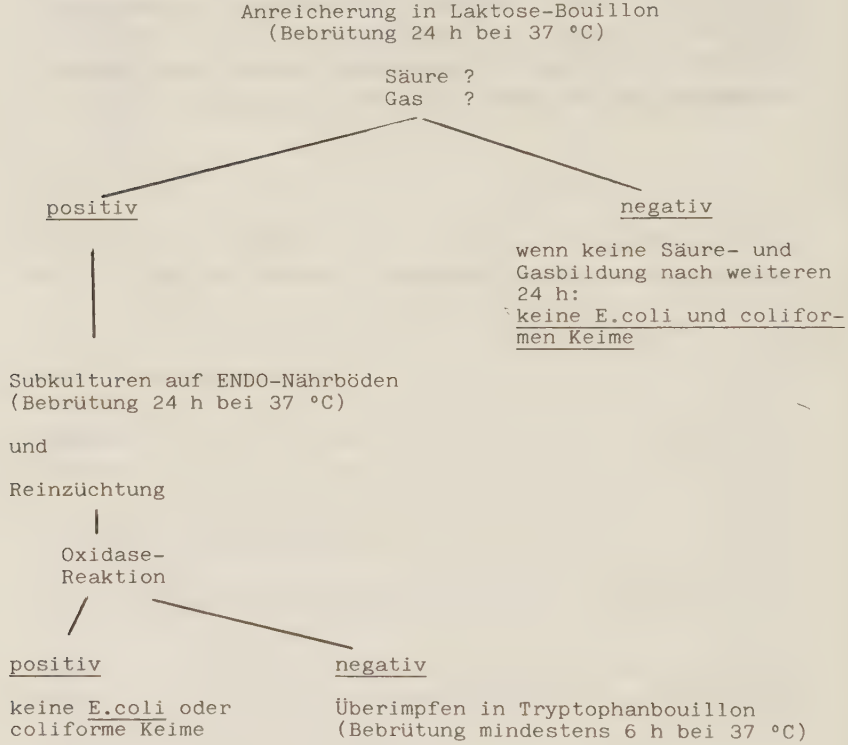
2.3.1 Bestimmung der Gesamtkeimzahl (Koloniezahl)

Die Bestimmung der Gesamtkeimzahl erfolgte nach den Vorschriften der "Deutschen Einheitsverfahren zur Wasseruntersuchung" (DEV, 1975):
Zunächst wurde eine Verdünnungsreihe aus 1 ml Wasserprobe bis zur Verdünnungsstufe 10^{-6} hergestellt. Mit je 0,5 ml dieser Verdünnungen wurden Gußplatten mit Nähragar angelegt. Eine Serie dieser Nährböden wurde 48 h bei 37 °C und eine zweite 48 h bei 20 °C bebrütet. Die angewachsenen Kolonien wurden bei 8facher Lupenvergrößerung ausgezählt.
Zur Auswertung wurden nur Nährböden mit Koloniezahlen zwischen 30 und 300 benutzt. Die Koloniezahl wurde auf einen ml Wasser umgerechnet.
Nach den DEV wurden Koloniezahlen über 100 auf ganze Zehner, Koloniezahlen über 1000 auf ganze Hunderter gerundet.

2.3.2 Bestimmung des Titers von Escherichia coli und coliformen Keimen

Der Coli-bez. Coliformentiter gibt die kleinste Wassermenge an, in der diese Bakterien nachgewiesen werden können. Er wurde mit Proben von je 10 ml, 1 ml, 0,1 ml und 0,01 ml bestimmt. Die folgende Darstellung skizziert den Untersuchungsgang und die Beurteilung der Ergebnisse.

Abb. 2: Untersuchungsgang auf E. coli und Coliforme Keime, durchgeführt mit jeweils 10, 0,1 und 0,01 ml Wasserprobe



	Verwendung von Citrat als einziger C-Quelle (24 h/37 °C)	Laktose-Fermentation (24 h/37 °C)	Indol-Bildung (24 h/37 °C)	Glucose-Fermentation (24 h/44 °C)
E.coli	-	S + G +	+	S + G +
Coliforme Keime	in einer oder mehreren Reaktionen abweichend, aber Laktose-Fermentation mit Säure- und Gasbildung nach 24 h bei 37 °C			

2.3.3 Qualitativer und semiquantitativer Nachweis von Salmonellen

Probenmengen von 100 ml und 1000 ml wurden über eine Voranreicherung in Kaliumtetrathionat-Bouillon nach PREUSS* 24 h bei 37 °C bebrütet (PREUSS, 1949).
Der Untersuchungsgang ist nachfolgend in Abbildung 3 zusammengefaßt.

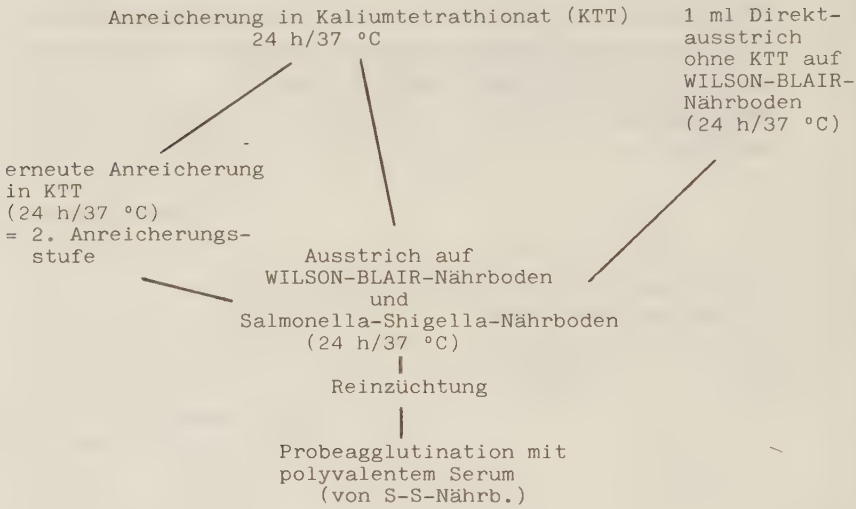
---

* PREUSS-Bouillon (PREUSS, 1949)

Kalium-Tetrathionat-Kristallviolett-Anreicherungsbouillon zur selektiven Anreicherung von Salmonellen, pro Liter zusammengesetzt aus:

8,6 g Spezialpepton	20,0 g Kaliumtetrathionat
6,4 g Natriumchlorid	0,005 g Kristallviolett

Abb. 3: Untersuchungsgang auf Salmonellen, durchgeführt aus jeweils 100- und 1.000 ml-Wasserproben



	Zweizucker-Eisen nach KLIGLER (24 h/37 °C) Schrägfläche + Stich	LIM* (24 h/37 °C)	MIO (Motilität, Indol, Ornithin-decarboxilase; 24 h/37 °C)
Salmonellen	H_2S-Bildung +	Beweglich-	Beweglichkeit +
	im Stich:	keit +	Indol -
	S + / G +	Indol -	
		Lysinde-carboxi-lase +	Ornithinde-carboxilase +

*nach BOCKEMÜHL und BEDNAREK, 1975

Die nach Probeagglutination in der "Bunten Reihe" als Salmonellen-Arten nachgewiesenen Keime wurden serologisch weiter bis zur Spezies-Zugehörigkeit differenziert.

2.3.4 Qualitativer Nachweis von Pseudomonas aeruginosa

Nachdem bei den ersten Wasserproben als Zufallsbefund P. aeruginosa-Stämme auftraten, wurden die Untersuchungen auf diese Keimart erweitert:
Aus den Wasserproben wurden zunächst jeweils 1 ml Wasser direkt auf CETRIMED*-Nährböden ausgestrichen, unter sterilen Bedingungen getrocknet und 24 h bei 37 °C bebrütet. Außerdem wurden bei den Terminen am 9.6., 23.6. und 30.6. Anreicherungskulturen aus Glucose-Bouillon auf CETRIMID-Nährböden übertragen und 24 h bei 37 °C bebrütet.
Von Farbstoffbildnern wurden Subkulturen auf Blutagar-Nährböden angelegt, die auf Cytochromperoxidase-Bildung und im OF-Test nach HUGH und LEIFSON geprüft wurden. Gramnegative, Pyocianin-bildende, Cytochromperoxidase-positive, oxidierende Stäbchenbakterien wurden der Spezies P. aeruginosa zugeordnet. P. aeruginosa-Serovare (O:1 bis O:16) wurden mittels Objektträger-Agglutination** bestimmt.

2.4 Physikalische Meßwerte

Die angegebenen Meßwerte entstammen zum Teil eigenen Untersuchungen; teilweise sind sie den regelmäßig von der Wasser- und Schiffahrtsdirektion Würzburg (WSD) durchgeführten Meßungen entnommen.

---

* CETRIMID-Nährböden (LOWBURY et al., 1955)

Pseudomonas-Selektivagar nach Herstellerangaben zusammengesetzt aus:

20,0 g Pepton
1,4 g Magnesiumchlorid
10,0 g Kaliumsulfat
0,5 g N-Cetyl-N,N,N-trimethylammoniumbromid
13,6 g Agar-Agar

** Hersteller des Testseren-Satzes:

PASTEUR-Institut, Paris
vgl. "Culture media and laboratory reagents Pasteur"
1st ed., 1979

2.4.1 Wassertemperatur

Sie wurde nur an einer Meßstelle ermittelt (Flußkilometer 252,5) und ist deshalb nicht für alle Entnahmestellen zutreffend, aber als Maß für die relative Temperatursituation des Gewässers zu verstehen.

2.4.2 Lufttemperatur

Sie wurde zwischen 12.00 und 13.00 Uhr an einer Stelle ohne Sonneneinstrahlung bestimmt. Zusätzlich liegt ein Vergleichswert vor, der um 5.00 Uhr von der Wasser- und Schiffahrtsdirektion Würzburg, ebenfalls an definierter Stelle unmittelbar am Wasser aufgezeichnet wird.

2.4.3 Wasserstand

Bei den Meßwerten handelt es sich um die amtlichen Ergebnisse der Wasser- und Schiffahrtsdirektion Würzburg, gemessen im Bereich der Schleuse Würzburg. Sie sind Tagesmittelwerte.

2.4.4 Wasserabfluß

Ebenfalls als Tagesmittel (gemessen in m^3/s) müssen die Wasserabflußwerte interpretiert werden, die auch amtlichen Angaben der WSD Würzburg entstammen. Die Meßstelle liegt im Gebiet der Schleuse Würzburg.

3. Ergebnisse

3.1 Gesamtkeimzahl

Die Ergebnisse sind in der folgenden Tabelle (Tab. 1) zusammengefaßt.

Tab. 1: Gesamtkeimzahlen, im Gußplattenverfahren ausgezählt nach 24 h Bebrütung bei 20 °C

Entnahme-daten	Entnahmestellen									
	A	B	D	E	G	H	K	C	F	L
05.05.80	4,23	4,34	4,15	4,34	4,61	4,10	3,09	5,99	5,95	6,04
19.05.80	3,90	3,00	4,85	4,46	4,79	4,15	4,73	5,95	5,92	6,01
02.06.80	4,49	4,72	4,64	4,35	4,81	4,31	4,79	6,03	6,00	6,05
09.06.80	4,83	4,68	4,71	4,74	4,90	4,46	4,95	6,00	6,01	5,99
23.06.80	4,73	4,72	4,60	4,94	4,81	4,82	5,05	5,97	5,95	5,94
30.06.80	4,92	4,79	4,69	4,95	4,91	4,55	4,80	6,05	5,93	5,99
07.07.80	4,89	4,90	4,89	4,62	4,95	4,77	4,83	6,03	6,03	5,43
14.07.80	4,95	4,73	4,89	4,97	5,05	4,91	5,05	5,99	5,93	6,02
21.07.80	4,97	4,89	4,96	4,99	4,91	5,00	4,99	5,97	6,04	6,06
28.07.80	5,01	4,90	5,02	5,00	4,56	5,01	5,06	6,02	6,08	6,01
04.08.80	5,01	4,91	4,95	5,03	5,00	4,91	4,95	6,01	6,08	5,98
11.08.80	5,02	4,91	4,99	4,95	5,05	5,00	4,99	6,05	6,00	5,95
18.08.80	5,00	4,72	4,97	5,00	4,93	4,87	4,97	6,00	5,91	6,08
25.08.80	4,96	4,95	4,87	5,01	4,94	5,00	5,06	5,97	6,07	6,05
01.09.80	4,83	5,03	4,71	4,87	5,00	4,90	5,06	6,02	6,02	5,97

Legende: Die in der Tabelle angegebenen Zahlen sind die Logarithmen der Gesamtkeimzahlen/ml.
Die Entnahmestellen A,B,D,E,G,H,K entsprechen den Stellen mit 30 cm Entnahmetiefe,
C,F und L denen größerer Tiefen.

Aus der Tabelle 1 ist zu entnehmen:

1. Die Gesamtkeimzahlen der Proben aus 30 cm Wassertiefe betrugen zwischen n x 10^3 und n x 10^5/ml, bei Entnahmen aus größeren Tiefen dagegen n x 10^5 bis n x 10^6/ml.
2. Zu Beginn des Untersuchungszeitraumes wurden 5 Wochen lang (5.5.80 bis 2.6.80), die insgesamt niedrigsten Gesamtkeimzahlen ermittelt.
3. Im Zeitraum der 7 Entnahmetermine vom 9.6.80 bis 11.8.80 konnte eine deutliche Steigerung der Gesamtkeimzahl nachgewiesen werden, der sich bei den letzten Terminen eine fallende Tendenz anschloß (18.8.80 bis 1.9.80).

Bei der Bebrütungstemperatur 37 °C verhinderte in den meisten Fällen flächenhaftes Pilzwachstum das Auszählen. Die Keimzahlen lagen im Durchschnitt um 2-3 Zehnerpotenzen niedriger; bei Beimpfung aus niedrigen Verdünnungsstufen blieben einige Nährböden ohne Keimwachstum.

3.2 Titer von coliformen Keimen

Während des gesamten Untersuchungszeitraumes konnten aus allen untersuchten Wasserproben in der kleinsten untersuchten Wassermenge (0,01 ml) coliforme Keime nachgewiesen werden.

3.3 Titer von Escherichia coli

Die Ergebnisse aus insgesamt 150 untersuchten Wasserproben sind in der nachfolgenden Tabelle 2 aufgelistet.

Tab. 2: Colititer

Entnahmedaten	Entnahmestellen A	B	D	E	G	H	K	C	F	L
05.05.80	0,1	0,01	1	0,1	1	0,01	0,1	0,1	1	0,01
19.05.80	10	0,1	10	0,1	0,01	1	0,1	0,1	0,01	0,1
02.06.80	1	0,1	1	0,01	0,1	0,01	1	0,1	1	0,01
09.06.80	0,1	0,01	0,1	0,01	0,1	0,01	0,1	0,1	1	0,01
23.06.80	0,01	0,1	1	0,1	0,01	0,01	0,1	0,1	0,1	0,1
30.06.80	10	10	10	1	1	0,1	0,1	0,01	1	0,01
07.07.80	-	10	-	1	1	-	-	0,01	0,1	1
14.07.80	0,01	0,1	0,01	0,01	0,1	0,01	0,01	0,1	0,01	0,01
21.07.80	0,01	0,1	0,01	0,01	0,1	0,01	0,01	0,01	0,1	0,1
28.07.80	0,1	0,1	0,1	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,1
04.08.80	0,1	0,1	0,1	0,01	0,1	1	0,01	0,01	0,01	0,01
11.08.80	0,1	0,1	0,1	0,1	1	0,1	0,1	0,01	0,01	0,01
18.08.80	1	0,1	1	0,1	0,1	1	0,1	0,1	0,01	0,1
25.08.80	0,1	0,1	1	0,1	1	0,1	0,01	0,01	0,1	0,1
01.09.80	1	1	0,1	1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,01	0,1

Legende: Die angegebenen Zahlen geben die kleinsten Wassermengen in ml an, in denen E. coli nachgewiesen werden konnten. Die kleinsten untersuchten Wassermengen waren Proben zu 0,01 ml. die Entnahmestellen A,B,D,E,G,H,K entsprechen den Stellen mit 30 cm Entnahmetiefe, die Entnahmestellen C, F und L denen mit größerer Entnahmetiefe.

Die Ergebnisse (Tab. 2) sind in der folgenden Übersicht (Tab. 3) aufgeschlüsselt.

Tab. 3: Übersicht über die nachgewiesenen Colititer unter Berücksichtigung der verschiedenen Entnahmetiefen

Colititer	Proben-Anzahl		
	Entnahmestellen:		
	alle (A-L)	aus 30 cm Wassertiefe (A,B,D,E,G, H,K)	aus größerer Wassertiefe (C,F,L)
>10	4	4	0
10	6	6	0
1	25	21	4
0,1	66	47	19
0,01	49	27	22
	150	105	45

3.4 Qualitativer und semiquantitativer Nachweis von Salmonellen

Die Ergebnisse sind in der folgenden Tabelle 4 zusammengefaßt.

Tab. 4: Salmonellenbefunde aus 100 ml- und 1000 ml-Wasserproben

	Probenmenge: 100 ml		1000 ml	
	Wassertiefe: 30 cm	größere Tiefen	30 cm	größere Tiefen
05.05.80	B D		A B E	C
19,05.80				
02.06.80				F
09.06.80	A E G		A G H	C F
23.06.80	A B D E G H	C L	B D E G H	C F
30,06.80	G		A B D G H K	F*
07.07.80	D	L	H*	L
14.07.80	A E K	C L	A B D E G K	C F L
21.07.80	B D E G H	L	A B D E G H K	C
28.07.80	G		A E G H*	L*
04.08.80	A B G		A B E G K*	C*
11.08.80	A B H			L
18.08.80	B D H K	L	A B D G	C
25.08.80				
01.09.80	A D G	C	A E K	F

Legende: An den mit den Buchstaben (A-L) gekennzeichneten Stellen wurden in der ersten Anreicherungsstufe Salmonellen nachgewiesen. Diejenigen positiven Befunde, die erst in der zweiten Anreicherungsstufe erhoben wurden, sind mit *gekennzeichnet.

Aus der Tabelle 4 ist zu entnehmen:

1. In 104 von 300 untersuchten Proben wurden Salmonellen nachgewiesen.
2. Die Salmonellenbefunde verteilten sich auf 43 100 ml-Proben und 65 1000 ml-Proben.
3. In 6 Proben waren Salmonellen ausschließlich in einer zweiten Anreicherungsstufe nachweisbar.

Zur Häufigkeit und Verteilung der Salmonellen siehe Abschnitt 3.5.

In der nachfolgenden Tabelle (Tab. 5) sind die Salmonellenbefunde aus 30 cm Wassertiefe denen aus größerer Entnahmetiefen gegenübergestellt.

Tab. 5: Gegenüberstellung der Salmonellenbefunde aus 30 cm Wassertiefe und aus größeren Entnahmetiefen

	Entnahmestellen:			
	aus 30 cm Wassertiefe (insgesamt 105 Proben)		aus größ. Wassertiefen (insgesamt 45 Proben)	
	Salmonellennachweis:			
	Fälle	%	Fälle	%
Probenmenge 1000 ml	47	44,8	17	37,8
Probenmenge 100 ml	36	34,3	8	17,8

Legende: Die angegebenen Zahlen entsprechen Fallzahlen bez. dem prozentualen Anteil der Proben mit positivem Salmonellenbefund in der jeweiligen Gesamtprobenmenge

Wie aus Tabelle 5 zu entnehmen ist, liegen die Salmonellenbefunde aus den Entnahmestellen mit größerer Wassertiefe sowohl bei den Proben zu 1000 ml, als auch bei denen zu 100 ml in ihrer relativen Zahl deutlich unter denen der oberflächlichen Entnahmestellen.

3.5 Epidemiologie der Salmonellenbefunde

Insgesamt wurden 157 Salmonellen-Stämme nach Prüfung biochemischer Charakteristika in der Bunten Reihe und Bestimmung der O- und H-Antigene mittels agglutinierender Seren im Enterobacteriaceen-Labor des Instituts für Hygiene und Mikrobiologie auf ihre Zugehörigkeit zu bestimmten Serovaren untersucht. Die Ergebnisse sind in der folgenden Tabelle dargestellt.

Tab. 6: Verteilung und Häufigkeit der Salmonellenspezies

Salmonella-Befunde:	Anzahl der Stämme:
S. infantis	59
S. derby	23
S. typhimurium	17
S. panama	14
Salmonella (1,3,19:i,monoph.)	9
S. blockley	5
S. bredeney	4
S. bovis-morbificans	4
S. brandnerup	3
S. agens	3
S. anatum	3
S. hadar	2
S. muenchen	1
S. enteritidis	1
S. stanley	1
nicht einzuordnen	8

3.6 Gegenüberstellung Salmonellen-Befunde und Colititerstufen

Die Ergebnisse dieser Gegenüberstellung sind aus der folgenden Tabelle (Tab. 7) zu entnehmen:

Tab. 7: Gegenüberstellung Salmonellenbefund und Colititerstufe

Salmonellen nachgewiesen	Colititerstufe 0,01	0,1	1	10	10
in 100 ml	15	19	7	-	1
in 1000 ml	25	25	9	3	-
in 2. AR aus 1000 ml	3	1	1	-	1
gesamt	41	55	17	3	2

Legende: Die angegebenen Fallzahlen beziffern jeweils die gleichzeitigen Befunde an Salmonellen in den Wasserproben mit den jeweils entsprechend aufgeführten Colititerstufen.

2. AR = 2. Anreicherungsstufe

3.7 Qualitativer Nachweis von Pseudomonas aeruginosa

Die Ergebnisse sind in der folgenden Tabelle (Tab. 8) zusammengefaßt.

Tab. 8: Nachweis von P. aeruginosa nach Ausstrich in 1 ml-Wasserproben auf CETRIMID-Nährböden

Entnahmedaten	Entnahmestellen A	B	D	E	G	H	K	C	F	L
05.05.80										
19.05.80	nicht durchgeführt (s. 2.3.4)									
02.06.80										
09.06.80		+		+			+			
23.06.80	+	+	+	+		+				
30.06.80	+	+	+		+	+				
07.07.80			+							
14.07.80	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
21.07.80	+	+	+		+		+			
28.07.80	+	+	+		+		+	+		+
04.08.80	+	+	+	+	+	+	+		+	+
11.08.80	+	+	+		+					+
18.08.80		+	+		+		+		+	
25.08.80	+			+	+		+	+		
01.09.80		+	+		+	+				+

Legende: An den mit + gekennzeichneten Entnahmestellen konnte P. aeruginosa in 1 ml Wasser nachgewiesen werden; an den nicht gekennzeichneten Stellen war dieser Keim nicht nachweisbar. An den Terminen 5.5., 19.5. und 2.6. wurde keine Untersuchung auf P. aeruginosa durchgeführt.

Wie aus Tabelle 8 zu entnehmen ist, wurden in 120 untersuchten Wasserproben im Direktausstrich insgesamt 64 Stämme von P. aeruginosa nachgewiesen. Demgegenüber ergab die Anreicherung in Glucose-Bouillon nur vereinzelt positive Befunde; durch die Anreicherung konnte die Ausbeute nicht gesteigert werden.

3.8 Gegenüberstellung der P. aeruginosa-Befunde mit den gleichzeitig ermittelten Salmonellenbefunden und Colititerstufen

Tab. 9: Gegenüberstellung der gleichzeitig in Wasserproben nachgewiesenen Befunde an P. aeruginosa, Salmonellen und E. coli

	gesamt	bei Salmonellennachweis in 100 ml (%)		1000 ml (%)	
P. aeruginosa	59	26	(44,1)	35	(59,3)
	bei	C o l i t i t e r s t u f e			
	>10	10	1	0,1	0,01
P. aeruginosa	1	1	3	29	25

Aus der Tabelle 9 ist zu entnehmen:

1. In 44 % der 100 ml-Proben und in 59 % der 1000 ml-Proben mit positivem Salmonellen-Befund konnten gleichzeitig P. aeruginosa nachgewiesen werden.
2. Beim Vergleich der erhaltenen Colititerstufen zeigt sich, daß in Wasserproben mit einem Colititer von 0,1 oder 0,01 in ca. 85 % der Fälle auch P. aeruginosa nachgewiesen werden konnte.
3. In einem Fall konnte bei einem Colititer, der größer als 10 ml war, P. aeruginosa gefunden werden.

3.6 Physikalische Meßwerte

Die Meßwerte für Wassertemperatur, Lufttemperatur, Wasserstand und Wasserabfluß sind der folgenden Tabelle 10 zu entnehmen.

Tab. 10: Physikalische Meßwerte

Entnahme-daten	Wassertemperatur in °C	Lufttemperatur in °C 5 Uhr	13 Uhr	Wasserstand in cm	Wasserabfluß in m^3/s
05.05.80	10,8	1	11	215	157,0
19.05.80	15,0	7	18	163	76,2
02.06.80	16,4	8	17	170	84,3
09.06.80	19,5	15	18	162	67,2
23.06.80	18,3	10	18	160	64,2
30.06.80	16,8	8	12	180	103,0
07.07.80	16,1	12	18	195	126,0
14.07.80	15,0	11	18	253	218,0
21.07.80	15,0	10	13	290	278,0
28.07.80	17,6	15	26	229	179,0
04.08.80	20,8	19	26	182	106,0
11.08.80	21,0	14	25	169	80,5
18.08.80	21,0	16	25	164	72,5
25.08.80	16,2	5	17	162	60,2
01.09.80	16,2	11	14	172	77,0

4. Diskussion

Natürliche Gewässer werden von vielen Menschen zur Freizeitgestaltung genutzt und müssen deshalb auch aus hygienischer Sicht bestimmte Anforderungen erfüllen; sie haben wesentlichen Einfluß auf den Freizeitwert.
Die vorliegende Arbeit legt eine Reihe von mikrobiologischen Befunden vor, die aus Mainwasserproben erhoben wurden. Die zur Untersuchung und Beurteilung des Gewässerzustands herangezogenen mikrobiologischen Befunde werden zunächst beschrieben und gegenübergestellt.
Zur Gesamtkeimzahl: In den meisten Proben von den an der Wasseroberfläche (30 cm Wassertiefe) gelegenen Entnahmestellen wurden um 10^4 aerobe Keime/ml nachgewiesen, in Proben aus tieferen Schichten lagen die Keimzahlen um eine bis zwei Zehnerpotenzen höher. In diesem Bereich der Untersuchung sind Bezüge zu physikalischen Meßwerten deutlich (Tab. 1). So erreichte die Gesamtkeimzahl an Entnahmeterminen mit hoher Wassertempertur (Tab. 1) und hohem Wasserabfluß (Tab. 1) an den oberflächlichen Entnahmestellen sehr hohe Einzelwerte (Entnahmetermine 4.8., 11.8., 18.8.80). Unter diesen Bedingungen ist nicht unwahrscheinlich, daß autochthone Wasserkeime und eingeschwemmte Keime wachstumsgefördert wurden. Allerdings beschreiben KRAUS und WEBER (1957) die eher lebensdauerverkürzende Wirkung höherer Wassertemperaturen auf Salmonellen, möglicherweise aufgrund beschleunigter biologischer Abbau- und Selbstreinigungsvorgänge.
Der Zusammenhang zum Wasserabfluß und Wasserstand scheint durch veränderte Einschwemmungsverhältnisse während der relativ starken Regenfälle und den dadurch höheren Wasserstand sowie durch die bei höherem Wasserstand größeren Abflußmengen bedingten stärkeren Durchmischungen des Oberflächenwassers mit tiefer gelegenen Schlammbereichen bedingt zu sein. Dafür spricht auch die Tatsache, daß die Keimzahlen der Wasserproben an den Entnahmestellen C, F und L, die in größerer Tiefe entnommen wurden, auch wäh-

rend der Entnahmetermine, an denen die Oberflächenkeimzahlen stark anstiegen, sich wesentlich geringer veränderten. Die erhobenen Befunde (Gesamtkeimzahl, Colititer, Salmonellen- und Pseudomas aeruginosa-Befunde) rechtfertigen auch nach Untersuchungen anderer Autoren (GÄRTNER, 1972 u. a.), Bezeichnungen der Gewässergüte wie "bedenklich". Da bei der Auszählung der Keime jedoch nicht zwischen humanpathogenen und den apathogenen Bakterien unterschieden wird, kann die Gesamtkeimzahl bei der Beurteilung des Freizeitwertes oder des Infektionsrisikos für Badende und Wassersportler, nicht allein entscheidendes Kriterium sein. Trotzdem müssen hohe Gesamtkeimzahlen als Hinweis für Bedenklichkeit aus mikrobiologisch-hygienischer Sicht beurteilt werden, während niedrige nicht unbedingt befriedigende Wassergüte signialisieren. Unsicher ist ebenfalls der Schluß von einer hohen Gesamtkeimzahl auf entsprechend hohe Befunde an pathogenen Keimen. So konnte bei der statistischen Überprüfung* der Befunde an Salmonellen und der ermittelten Gesamtkeimzahlen, in keinem Fall eine signifikante Wahrscheinlichkeitsbeziehung hergestellt werden; ein Schluß von der Gesamtkeimzahl auf die Größenordnung entsprechender Salmonellenbefunde ist daher nicht zulässig.

Für die Beurteilung wesentlicher und aussagekräftiger sind die Ergebnisse der Titerbestimmung von coliformen Keimen und E. coli. Der hohe Stellenwert wurde wiederholt (u. a. GUSINDE, 1978) als konstantester und empfindlichster, oder sogar als beweisender Befund für die Verunreinigung von Badewässern durch menschliche bzw. Warmblüterfäkalien beschrieben.

Ergänzend wäre zu erörtern, ob der Nachweis von E. coli in ungünstigen Größenordnungen als alleiniges oder überwiegendes Kriterium zur Beurteilung der Badewasserqualität ausreicht. Aufgrund der vorgelegten Ergebnisse müßte dies bezweifelt werden, denn, wie aus Tabelle 9 zu entnehmen ist, konnten auch bei kleinen Coli-Keimzahlen (Titerstufen

---

* U-Test nach MANN und WITNEY
P. in keinem Fall $> 0{,}05$

1, 10 und 10) mehrfach Salmonellen und P. aeruginosa nachgewiesen werden.

In den Richtlinien des Rates der EG über die Qualität der Badegewässer vom 8. November 1975 (76/160/EWG, 1975) sind die Untersuchungsgänge auf "Gesamtkoliforme Bakterien" und "Faekalkoliforme Bakterien" die einzigen mikrobiologischen Werte, die mit exakter, zeitlicher Frequenz als Befunderhebung festgelegt sind. Dabei kann die nur 14tägig vorgeschriebene Überprüfung auf einen vierwöchigen Untersuchungszeitraum ausgedehnt werden, wenn eine in den früheren Jahren durchgeführte Probenentnahme Ergebnisse erbracht hat, die sehr viel günstiger waren, als die Anforderungen ... , und kein neuer Faktor hinzugekommen ist, der die Qualität verringert haben könnte (EG-Richtlinien, 1975)*. Untersuchungen auf Salmonellen sind in ihrer Häufigkeit überhaupt nicht definitiv umgrenzt und nur verlangt, wenn in dem Badegebiet das Vorhandensein dieser Keime möglich erscheint, oder mit einer Verschlechterung der Wasserqualität zu rechnen ist (EG-Richtlinien, 1975).

Auszug aus den Richtlinien des Rates der EG über die Qualität der Badegewässer vom 8.11.75 (76/160/EWG)

Parameter	G	I	Mindesthäufigkeit der Probenentnahme
Gesamtkoliforme Bakterien/100 ml	500	10 000	14tägig (1)
Faekalkoliforme Bakterien/100 ml	100	2 000	14tägig (1)
Salmonellen	-	0	- (2)

Legende: G = (guide) = Leitwert
I = (imperativ) = zwingender Wert

(0) Überschreitung der Grenzwerte bei außergewöhnlichen geographischen oder meteorologischen Verhältnissen vorgesehen.

(1) Hat eine in früheren Jahren durchgeführte Probenentnahme Ergebnisse erbracht, die sehr viel günstiger sind als die Anforderungen dieses Anhangs und ist kein neuer Faktor hinzugekommen, der die Qualität der Gewässer verringert haben könnte, so können die Behörden die Häufigkeit der Probenentnahmen um einen Faktor 2 verringern.

(2) Der Gehalt ist von den zuständigen Behörden zu überprüfen, wenn eine Untersuchung in dem Badegebiet das Vorhandensein dieser Stoffe möglich erscheinen läßt oder auf eine Verschlechterung des Wassers schließen läßt.

Die eigenen Untersuchungen auf E. coli, die in den meisten Fällen im Abstand von einer Woche durchgeführt wurden, zeigten Befunde mit deutlichen, beinahe wellenförmigen Schwankungen (vgl. Tab. 2); daher würden bakteriologische Untersuchungen im Abstand von nur 14 Tagen ein anderes Bild der Keimverhältnisse ergeben.

Als mögliche Ursachen kommen in Frage:

1. schwankende Wassertemperaturen,
2. dadurch veränderte Überlebenszeiten der eingeschwemmten Warmblüterkeime,
3. Schwankungen im Wasserstand und Abfluß,
4. dadurch veränderte Verweilzeiten des Wasserkörpers in den Stauhaltungen.

Diese wirken sich auf die auch in stärker belasteten Gewässern noch möglichen Selbstreinigungsmöglichkeiten aus. So fand POPP (1974) in Sommerzeiten mit kleineren Wasserabflüssen in der Oker wesentlich niedrigere Keimzahlen, auch humanpathogener Bakterienarten, als in Zeiten mit höheren Abflüssen. Nach seinen Erfahrungen ist dies wohl auch auf den bei längerer Verweilzeit des Wassers stärker ausgeprägten Selbstreinigungseffekt zurückzuführen (POPP, 1974). Da anzunehmen ist, daß gerade die menschlichen und tierischen Fäkalien entstammenden Keime (u. a. E. coli und Salmonellen) im wesentlichen aus direkten Einschwemmungen oder bei starken Regenfällen aus überlasteten Überläufen der Kanalisationsnetze und Kläranlagen stammen, sollten die Schwankungen der zugeleiteten oder zufließenden Wasser als gewichtiger Faktor mitbedacht werden. POPP beschreit in der gleichen Arbeit, daß die Keimzahlen während der Sommermonate deutlich zurückgingen. Er führte dies auf die durch sommerliche Temperaturen aktivierten Biozönosen des Wassers zurück, die eine Reinigung des Wassers von mikrobiellen Organismen bewirkten (POPP, 1974). Voraussetzung dafür ist jedoch ein zumindest im wesentlichen intaktes Ökosystem des Gewässers.

SCHUA (1981) beschreibt eine Verschlechterung der Wassergüte des Mains in den Jahren 1949-1962, insbesondere in

1962/63. Danach hat, vor allem mit Inbetriebnahme vollbiologischer Kläranlagen, eine Besserung der Wassergüte eingesetzt. SCHUA bezeichnet den Main trotzdem nicht als Fließgewässer mit ausreichender Selbstreinigung. Während POPP einen Wasser-Aufstau als günstig für die Selbstreinigung hält, beurteilt SCHUA längere Verweilzeiten als negativ für die Dynamik der Reinigung (SCHUA, 1981). Diese Feststellung SCHUAs (1981) werden durch die eigenen bakteriologischen Befunde gestützt, wenn man diese mit Wasserstand und Wasserabfluß verknüpft.

Sowohl die schnell schwankenden bakteriologischen Ergebnisse, als auch die Aussagen über die biocoenologischen Gewässergüteverhältnisse lassen den Main im untersuchten Bereich als sehr von exogenen Faktoren - wie Niederschlag und Einschwemmung (siehe Ergebnisse der physikalischen Parameter) - abhängiges System erscheinen. Dabei erscheint er oft sehr kurzfristigen Schwankungen unterworfen zu sein. Für die Beurteilung der Badewasserqualität bez. des Freizeitwertes und Infektionsrisikos können deshalb wohl auch nur sehr kurzfristige und engmaschige Untersuchungen als Grundlage herangezogen werden. Insofern sind zumindest für die Überwachung eines Fließgewässers in einer dem Main vergleichbaren Gewässergütesituation besondere Richtlinien zu fordern. Dies gilt zumindest an für Freizeitzwecke intensiv genutzten Abschnitten. Sie sollten die der EG (siehe Seite 32) in Fragen der Häufigkeit und auch in der Palette der überprüften Einzelfaktoren übertreffen. Wie die Keimzahlen von E. coli waren auch die Salmonellenbefunde nicht gleichmäßig über den ganzen Untersuchungszeitraum verteilt; sondern auch hier zeigte sich eine Zunahme der gefundenen Stämme, sowohl in den 1.000 ml- als auch in den 100 ml-Wasserproben, erstmalig während der Entnahmetermine 23.6. bis 30.6., dann nach einem Zeitraum von einem Monat mit relativ niederen Salmonellenzahlen , während der Entnahmetermine 4.8. bis 18.8. Vergleicht man die Salmonellenbefunde mit den Coli-Keimzahlen, so lassen sich zwar durchaus ähnliche Verläufe mit Anstieg und Abfall der

Keimzahlen zu annähernd gleichen Zahlen aufzeigen doch während des Untersuchungszeitraums fanden sich auch bei Colititern von 1,0 (in 17 Fällen), von 10 (in 3 Fällen) und auch in 2 Wasserproben, in denen E. coli nicht nachgewiesen werden konnte, Salmonellen. In einer Wasserprobe konnte sogar aus 100 ml Wasser, in dem E. coli nicht nachweisbar waren, ein Salmonellen-Nachweis erbracht werden (Tab. 9).*

Die Salmonellenbefunde insgesamt sprechen auch bei dieser Keimgruppe für eine schubweise verlaufende Belastungssituation. Dies gilt sowohl für die quantitativen Ergebnisse, wie auch für die gefundenen Keimarten. So wurden an einigen Untersuchungstagen an den verschiedenen Entnahmestellen jeweils die gleichen Stämme gefunden, die schon eine Woche später nicht mehr nachzuweisen waren. Dieser Häufigkeit bestimmter Serovare entstammen die in Tab. 6 beschriebenen hohen Stammzahlen von S. infantis (59), S. derby (23), S. typhimurium (17) und S. panama (14). Vor allem sommerliche Hochwassersituationen scheinen die Kontaminierung des oberflächlichen Wassers mit Salmonellen zu begünstigen. Auch SCHUBERT et al. (1978) beschreiben bei der Untersuchung eines Badesees ähnliche Veränderungen der Befunde an Coliformen, E. coli und Salmonellen. Entscheidend für derartige Gipfel scheint die Kapazität der Kanalisationsanlagen und der Kläreinrichtungen zu sein, aus deren Regenwasserüberläufen bei nicht mehr zu bewältigendem Zulauf die Masse der von Warmblütern ausgeschiedenen pathogenen Keime entstammt.

Wichtig bei der Beurteilung des Freizeitwertes eines Gewässers ist natürlich das von den Befunden, in unserem Falle vor allem von denen der humanpathogenen Keimen ausgehende tatsächliche Infektionsrisiko. Dieses wiederum

---

* Bei der statistischen Auswertung des E. coli-Befundes und der nachgewiesenen Salmonellen ergaben die entsprechenden Chi-Quadrat-Teste nur in sehr wenigen Fällen eine Signifikanz; ein Rückschluß vom Colititer auf hohe Salmonellenbefunde ist daher unsicher.

sollte die wesentliche Grundlage zu weiteren Entscheidungen oder Aufforderungen an die Benutzer eines Gewässers sein. Wie schwer dieses Risiko zu kalkulieren ist, zeigen wohl auch schon die unterschiedlichen Meinungen (vgl. GÄRTNER, 1975; HAVEMEISTER, 1980). Dabei überwiegen die Stimmen, die eine zu häufige Überwertung der Infektionsgefahr beim Baden und Wassersport sehen.
Aus diesen Gründen fällt es schwer, sich den Formulierungen einer Würzburger Tageszeitung anzuschließen, die für den Umgang mit Flußwasser, speziell für das Baden im Fluß, Begriffe wie "nur für Lebensmüde" oder "nur für Selbstmordkandidaten" verwendet (MAIN-POST, 01.07.80).

In der oben genannten Untersuchung von GÄRTNER (1975), wurden wie auch in der vorliegenden Arbeit ausschließlich Salmonellen nachgewiesen, die nicht zur Typhus-Paratyphus-Gruppe gehören, sondern für enteritische Krankheitsbilder verantwortlich sind. Sicher ist auch nicht zu erwarten, daß Flußwasser bei der Übertragung dieser speziellen Keime eine wesentliche Rolle spielt, da die bekannten Infektketten andere Übertragungsmodalitäten bedingten.
Geht man davon aus, daß dafür Keimzahlen in der Größenordnung von 10^5-10^6 als Infektionsdosis vorauszusetzen sind (McCULLOGH et al., 1951) so wird die Wahrscheinlichkeit deutlich vermindert, durch Kontakt mit dem Oberflächenwasser infiziert zu werden. Berücksichtigt man jedoch Autoren der neueren Zeit, die in verschiedenen Untersuchungen zu dem Schluß kamen, daß zur Entstehung einer Salmonellose abhängig von dem jeweiligen Salmonellenstamm sehr unterschiedliche Mengen an lebenden Zellen aufgenommen werden müssen (SINELL, 1980; D'AOUST, 1976), so erhält jeder Salmonellenbefund doch eine größere Bedeutung. Die angegebenen minimalen Infektionsdosen betragen z. B. bei einer S. eastbourne-Erkrankung in Kanada bei etwa 100 Salmonellen/g Lebensmittel (CRAVEN et al., 1975). Für S. bareilly werden dagegen 125.000 Keime/g, für S. anatum sogar 44,5-67,2 Millionen Keime als Mindestmenge zur Infektion ange-

geben (NICKERSON et al., 1972). Bei der Beurteilung des Infektionsrisikos durch verschlucktes Badewasser müßten demzufolge wohl auch die bei entsprechenden Untersuchungen nachgewiesenen Spezies mitberücksichtigt werden. Dies wird in der praktischen Durchführung sicherlich nur in ganz wenigen Fällen möglich sein. Bei den untersuchten Wasserproben von 100 ml konnten insgesamt bei etwa 29 % überhaupt Salmonellen nachgewiesen werden, bei den Proben von 1.000 ml bei zweistufiger Anreicherungsmethode in etwa 45 %. Berücksichtigt man die Proben aus den tieferen Schichten, die deutlich weniger positive Salmonellen-Befunde aufwiesen, so ergeben sich trotzdem auch für Oberflächenwasserproben noch 35,4 % positive Ergebnisse aus den 100 ml und aber 47,5 % positive Befunde aus den 1.000 ml Proben. Nimmt man als Durchschnittswert der beim Baden verschluckten Wassermenge pro Badevorgang etwa 50 ml für Schwimmer und etwa 30 ml für Nichtschwimmer an (CARLSON, 1966), so ist die Möglichkeit einer direkten, akuten Erkrankung weniger wahrscheinlich. Insgesamt sind der Kalkulierbarkeit des Erkrankungsrisikos jedoch enge Grenzen gesetzt, da verschiedene Faktoren (z. B. Durchmischungsverhältnisse, mögliche Anreicherung von Bakterien u. a.) erst nach einiger Zeit bewirken könnten. Sicher wird sie niemals exakt kalkulierbar sein, aber trotzdem sollte man nicht wie im oben zitierten Fall, übertriebene Formulierungen zur Beschreibung des Gewässerzustands verwenden. Diese Risikobetrachtungen müssen natürlich überdacht werden, wenn Keime der Typhus-Paratyphus-Gruppe nachgewiesen werden oder wenn wie gerade bei dieser Untersuchung mehrfach beobachtet werden konnte, Aufbewahrungsgefäße für Lebensmittel mit kontaminiertem Wasser ausgespült werden.

Das Auftreten von Pseudomonas aeruginosa in natürlichen Gewässern kann als weiterer Hinweis auf eine Kontamination mit menschlichen Abwässern betrachtet werden (BOTZENHART et al., 1975). Deshalb stellt sich die Frage, welcher Stellenwert dem Nachweis dieses Keimes in Oberflächenwas-

ser zukommt, ob die Korrelationen zu den erhobenen Befunden an E. coli und coliformen Keimen mit ausreichender Wahrscheinlichkeit Rückschlüsse auf das Vorkommen von P. aeruginosa zulassen oder ob zusätzliche Informationen speziell über diesen Keim routinemäßig eingeholt werden sollten. Neben dem Risiko durch salmonellenhaltiges Wasser infiziert zu werden, muß auch die Infektionsmöglichkeit im Gewässer nachgewiesene P. aeruginosa berücksichtigt werden. Bei Schwimmern, die im Wasser eines mit P. aeruginosa kontaminierten Schwimmbeckens gebadet haben, fanden COTHRAN und HATLEN (1962) Außenohrentzündungen. Deshalb ist durchaus zu diskutieren, ob auf intakter Haut, oder bei vorhandenen minimalen Hautläsionen, nicht der Kontakt mit einem mit P. aeruginosa kontaminierten Gewässer, lokale Infekte verursachen könnte.

BOTZENHART und THOFERN (1975) beschreiben eine mehr oder weniger schnelle Reduktion von P. aeruginosa in freien Gewässern in intakter natürlicher Flora, schließen jedoch bei stärkerer organischer Belastung eines Wassers eine Vermehrung der Keime nicht aus.
KNORR (1973) vermutet sogar, daß die Protozoen der Gewässer durch starke Belastung mit P. aeruginosa und anderen Pseudomonasarten geschädigt werden und dadurch für P. aeruginosa mit längeren Überlebenszeiten zu rechnen sei. Untersuchungen von BOTZENHART an Oberflächenwasser sowie an Wasser in verschiedenen technischen Systemen beschreiben die Tatsache, daß unter günstigen Verhältnissen, wie z.B. bei einer starken Belastung des Gewässers, die Eleminationsrate von P. aeruginos gleich Null sein kann (BOTZENHART et al., 1975). Auch die Ergebnisse dieser Arbeit zeigen einen deutlichen Anstieg von P. aeruginosa in den Wasserproben während des sommerlichen Hochwasser zwischen den Entnahmeterminen 21.7.-11.8.80. Unabhängig von der Diskussion über die potentielle Vermehrungsfähigkeit der Keime in Oberflächenwasser, kann diese Zunahme sicherlich als Zeichen vermehrter Einschwemmung gedeutet werden.

Denkbar wäre auch, daß außerdem eine vermehrte Mobilisierung aus dem Sediment bei stärkerer Strömung und Durchmischung der Wasserschichten stattgefunden hat. Diesem Argument widersprechen allerdings die hier gefundenen geringeren P. aeruginosa-Befunde aus den Wasserproben, die aus größerer Wassertiefe stammen. So konnten bis zum Entnahmetermin 27.7.80, der eine erhebliche Zunahme des Wasserstands, des Wasserabflusses und damit der umgewälzten Wassermengen zeigt, in den Proben aus den oberflächlichen Schlammschichten keine P. aeruginosa nachgewiesen werden. Hierbei ist an physikalische und chemische Einflüsse wie z. B. das Redoxpotential, zu denken, da P. aeruginosa obligater Anaerobier ist.

Wie aus Tabelle 9 zu entnehmen ist, entstammen knapp 85% der P. aeruginosa-positiven Befunde aus Wasserproben, die gleichzeitig einen Titer von E. coli in der Größenordnung 0,1 (45,31 %) und 0,01 (39,6 %) aufwiesen. Diese Titerbefunde ließen mit großer Wahrscheinlichkeit den Schluß auf gleichzeitige P. aerguinosa-Nachweis zu. Ebenfalls aus Tabelle 9 kann entnommen werden, daß dies nicht in dem gleichen Ausmaß von Salmonellen zu gelten hat. Nur in 59,32% der Salmonella-positiven Proben zu 1.000 ml und in 44,07% der Salmonella-positiven 100 ml Proben konnten gleichzeitig P. aeruginosa nachgewiesen werden. Dies bedeutet, daß von den Befunden an Salmonellen nur sehr bedingt auf die Kontaminierung mit P. aeruginosa geschlossen werden sollte.

Ob die von SCHUA (1981) beschriebene Verbesserung der Gewässergüte auch die Annahme einer verminderten Belastung des Gewässers mit humanpathogenen Keimen z. B. Salmonellen zuläßt, ist nicht sicher.

Als gesichert hat zu gelten, daß durch eine Behandlung der Abwässer in Kläranlagen mit mechanischer Vorklärung und zweistufiger biologischer Vollreinigung die allgemeine organische Belastung reduziert wird, daß aber Zweifel über die Wirksamkeit bei Kontamination mit Salmonellen angebracht sind (POPP, 1973).

POPP (1973) beschreibt Abwasser einer mittleren Stadt in den nachgeschalteten biologischen Klärstufen (Belebtschlammbecken und Tropfkörper) mit einem deutlich reichhaltigeren Spektrum an Salmonellen als im nur mechanisch vorgeklärten Wasser. Bei angeschlossenen Untersuchungen, war die Keimbelastung im Vorfluter zwar reduziert, dies kann aber mit der mengenmäßigen Verdünnung durch das Vorfluterwasser begründet werden (POPP, 1975). Offen bleibt dabei, ob diese Zunahme der Salmonellenbefunde in den Wasserproben aus den biologischen Klärstufen, und dadurch auch im Vorfluter darauf beruht, daß in den gereinigteren Abwässern in nachgeschalteten Klärstufen Salmonellen besser nachweisen lassen, oder ob die Belüftung in den biologischen Stufen die Milieubedingungen zugunsten der Salmonellen verändert. Bakterizide oder bakteriostatische Effekte werden der biologischen Behandlung, zumindest für Salmonellen abgesprochen (POPP, 1975). Salmonellen verhalten sich bei der Belüftung von Abwasser in biologischen Kläranlagen grundsätzlich anders, als etwa verschiedene aerobe Keime oder anaerobe H_2S-Bildner (POPP, 1959). In diesem Zusammenhang ist eine Untersuchung von BECKER-BIRCK (1978) über die Bedeutung der 3. biologischen Reinigungsstufe von Kläranlagen interessant, in der eine Keimzahlreduktion von E. coli um etwa 91 % und der coliformen Keime um 95 % nach Durchlaufen der 3. Stufe angegeben wird, allerdings ohne Angabe der absoluten Keimzahlverhältnisse. Für Salmonellen kann jedoch auch dort keine definitive Reduktion bestätigt werden. Die Autoren sprechen lediglich von der sich andeutenden und wahrscheinlichen Verminderung (BECKER-BIRCK et al., 1978). Die genannten Arbeiten und auch die hier vorliegenden Befunde lassen erneut die in den EG-Richtlinien gesetzten Schwerpunkte bei den vorgeschriebenen Untersuchungsgängen und auch Befundgrenzen, fraglich erscheinen, da durch sie der Wertigkeit von E. coli und coliformen Keimen als Beurteilungsgrundlage für den Gewässerzustand gemindert wird. Die ohne direkte Untersuchungen rückgeschlossene Verseuchung mit Salmonellen

und vielleicht auch anderen humanpathogenen Keimen, ist zu unsicher, zumindest bei der Bewertung eines mit dem Main vergleichbaren Vorfluters. Daß bei der Betrachtung anderer Gewässertypen, etwa von Küstengewässern mit Brack- oder Salzwasser, andere Maßstäbe gelten müssen, ist nicht zu bestreiten. Von daher kann auch die Aussage von GÄRTNER et al. (1975) verstanden werden, nach der auf eine routinemäßige Salmonellenuntersuchung bei Gewässerkontrollen verzichtet werden kann. Diese Meinung ist begründet in der Untersuchung von 4.000 Meerwasserproben in den Jahren 1972-1973. Dabei wurden trotz der Anwendung einer die positive Ausbeute steigernden, 3stufigen Anreicherungsmethode mit Kaliumtetrathionatbouillon, und trotz einer schwerpunktmäßigen Probeentnahme aus stark abwasserbelasteten Einleitungsbereichen der Stadt Kiel, nur in durchschnittlich 14 % der untersuchten Proben (100 ml), Salmonellen nachgewiesen. Auch die Colititer lagen häufig recht niedrig, so z. B. in freien Meerwasser der Flensburger Förde durchschnittlich um 10 und besser (GÄRTNER et al., 1975). Eine Differenzierung der Kriterien und Forderungen bei der Untersuchung verschiedener Arten von für Freizeitzwecke genutzten Oberflächengewässern erscheint deshalb sinnvoll. Da es jedoch aus praktischen Gründen nicht möglich sein wird, Objekte wie in dieser Untersuchung den Main in ihrer Gesamtheit engmaschig und gründlich zu überwachen, wäre zumindest für besonders stark frequentierte und genutzte Abschnitte eines Flusses oder auch anderen Gewässern, eine solche zu empfehlen.

Zur Epidemiologie der gefundenen Salmonellen:

Unter den im untersuchten Mainabschnitt nachgewiesenen Salmonellenspezies befanden sich keine Erreger septischer Erkrankungen, wie S. typhi und S. paratyphi. Nach POPP sind dafür als Gründe in Betracht zu ziehen, daß einerseits die Isolierung von S. typhi mittels Anreicherungsverfahren mit Kaliumtetrathionat kaum gelingt, daß dieser Keim nur über eine geringe Umweltresistenz verfügt und in

der Konkurrenz mit anderen Bakterien unterlegen ist (POPP, 1975). Auch die bei POPP als erfolgreich beschriebenen Direktausstriche von 1 ml Flußwasser brachten bei den hier vorliegenden Untersuchungen keinen Nachweis von S. typhi (POPP, 1975) oder eine Steigerung der Ausbeute bei den anderen Salmonellenspezies.

Von Interesse ist natürlich die Frage, ob von der Verteilung der Salmonellen im Flußwasser auf mögliche Quellen ihrer Herkunft zu schließen ist. Dabei kommen menschliche oder tierische Ausscheider und deren Fäkalien als Ursprung in Frage. Daher ist zu erwarten, daß entsprechend verseuchte Abwasser über die Kanalisation und auch über andere Quellen (Schlachthöfe u. a.) in das Flußwasser gelangen.

Vergleicht man die bei dieser Studie nachgewiesenen Salmonellen mit einigen Langzeitstatistiken (METZ, 1980; ROCH, 1979), die in den Tabellen 11 und 12 dargestellt sind, so zeigt sich, daß die am häufigsten nachgewiesenen Serovare (S. infantis, S. derby, S. typhimurium, S. panama) auch bei den anderen Autoren an der Spitze der Häufigkeit stehen. Dabei ist S. typhimurium sowohl in tierischen als auch in menschlichen Keimreservoiren überwiegend.

Tab. 10: Die häufigsten Salmonellen, isoliert aus Wasser und Abwasser im Zeitraum 1969-1978 (ROCH, 1979)

1. S. panama	9. S. newport
2. S. typhimurium	10. S. manchester
3. S. infantis	11. S. brandenburg
4. S. paratyphi B	12. S. derby
5. S. montevideo	13. S. enteritidis
6. S. hadar	14. S. senftenberg
7. S. agona	15. S. heidelberg
8. S. thompson	16. S. brandnerup

Tab. 11: Rangliste der Häufigkeit verschiedener Salmonellen bei Mensch und Tier, isoliert 1953-1975 (METZ, 1980).

Salmonellenspezies beim Menschen	Salmonellenspezies beim Tier
1. S. typhimurium	1. S. typhimurium
2. S. enteritidis	2. S. dublin
3. S. panama	3. S. derby
4. S. thompson	4. S. infantis
5. S. heidelberg	5. S. enteritidis
6. S. infantis	6. S. abortus-ovis
7. S. brandenburg	7. S. brandenburg
8. S. newport	8. S. thompson
9. S. muenchen	9. S. panama
10. S. brandnerup	10. S. bareilly
11. S. st.-paul	11. S. blockley
12. S. blockley	12. S. anatum
13. S. anatum	13. S. agona
14. S. agona	14. S. muenchen
15. S. bareilly	15. S. heidelberg
16. S. derby	16. S. newport

5. Zusammenfassung

Natürliche Gewässer, wie Flüsse und Seen, spielen bei der Freizeitgestaltung eine zunehmende Rolle; deutlich ist auch das wachsende Bewußtsein für die Gefahren durch Verschmutzung und Belastung solcher Gewässer.
Die vorliegende Arbeit legt mikrobiologische Befunde vor, die zur Beurteilung des Freizeitwertes eines Gewässers beitragen sollen.

Die Ergebnisse werden wie folgt zusammengefaßt:

1. Die Belastungssituation des untersuchten Mainabschnittes ist starken Schwankungen unterworfen. Die Veränderung der Keimzahlen von E. coli und von Salmonellen verläuft wellenförmig, mit Spitzen in den Sommermonaten Juni und Juli.

2. Insgesamt konnte bei Colititer-Bestimmungen in 150 Wasserproben nachgewiesen werden:
   - in 33 % ein Titer von 0,01
   - in 44 % ein Titer von 0,1
   - in 47 % ein Titer von 1
   - in 4 % ein Titer von 10
   - in rund 3 % der Fälle konnten bis zur Titerstufe 10 überhaupt keine E. coli nachgewiesen werden.

3. Bei der Untersuchung der Zahlen an coliformen Keimen aus 150 Wasserproben konnte in allen Fällen ein Titer von 0,01 nachgewiesen werden.

4. Es läßt sich zeigen, daß bei der Untersuchung tieferer Entnahmestellen (oberflächliche Schlammschichten) deutlich höhere Colititer nachweisbar waren (49 % Titerstufe 0,01, 42 % Titerstufe 0,1, 9 % Titerstufe 1 und keine Titerstufe 10).

5. Bei der gleichen Anzahl untersuchten Wasserproben konnten aus den 1.000 ml-Proben in 43 % Salmonellen, in den 100 ml-Proben in 29 % der Fälle Salmonellen nachgewiesen werden. Bei den Salmonellenbefunden konnte aber in den Proben aus tieferen Entnahmestellen keine erhöhte

Befundzahl ermittelt werden. Die Befunde an Salmonellen korrelieren in den meisten Fällen (98 von 118 nachgewiesenen Stämmen) mit Colititern von 0,01 oder 0,1. Aber auch in insgesamt 22 Fällen konnten Salmonellen in Wasserproben ermittelt werden, in denen ein Colititer von 1, 10, oder in zwei Fällen größer 10 vorlag. Dies bedeutet, daß in diesen Fällen ein Schluß von einem recht niedrigen Colititer auf ebenfalls niedrige Salmonellenbefunde falsch gewesen wäre.

6. In den untersuchten Wasserproben wurden in insgesamt 53 % der Fälle Pseudomonas aeruginosa nachgewiesen. Dabei wurden 84 % dieser Befunde bei einem Colititer von 0,01 oder 0,1 erhoben. Salmonellen und P. aeruginosa konnten gleichzeitig in 59 % der Wasserproben nachgewiesen werden.

7. Alle bakteriellen Befunde deuten auf die Abhängigkeit von Einschwemm- und Sedimentationsverhältnissen hin, da die ebenfalls wellenförmig verlaufenden Parameter Wasserstand und Wasserabfluß ihre höchsten Meßwerte gleichfalls in den genannten Zeiträumen mit den größten Keimzahlen zeigten.

8. Die Bakterienbefunde lassen eine bedenkliche Belastung, auch mit humanpathogenen Keimen, erkennen.
   Aufgrund der deutlich schwankenden und schubweisen Belastung des Gewässers ist eine zeitlich engmaschige Überwachung solcher, recht intensiv genutzter Badestellen notwendig.
   Da sich innerhalb weniger Wochen die Keimverhältnisse mehrfach stark veränderten, erscheint an solchen Gewässerabschnitten eine wöchentliche Untersuchung aus mikrobiologisch-hygienischer Sicht sehr empfehlenswert.

9. Auch bei den untersuchten Einzelfaktoren sollten über die Forderungen der EG-Richtlinien von 1975 hinaus, zumindest für Gewässer, die in ihrer Belastungssituation dem untersuchten Mainabschnitt entsprechen, Untersuchungen auf verschiedene humanpathogene Keime (Salmonellen, P. aeruginosa) in ein Gewässeruntersuchungsprogramm aufgenommen werden.

Ein engmaschiges Netz der Gewässerüberwachung könnte den Freizeitwert der natürlichen Gewässer steigern und größere Sicherheit im Bereich angewandter Hygiene bei den verschiedensten Arten der Betätigung am, im und auf dem Wasser vermitteln.

6. Literaturverzeichnis

1. BECKER-BIRCK, J., STEINMANN, J., HAVEMEISTER, G.: Über die Bedeutung der dritten Reinigungsstufe aus hygienischer Sicht (Mikrobiologische und virologische Untersuchungen an einem KLärwerk). - Zbl. Bakt. Hyg., I. Abt. Orig. B 167, 104-114 (1978)

2. BOCKEMÜHL, J. BEDNAREK, I.: Die Verwendung von LIM (Lysin-Indol-Motilitäts) - Medium zur primären Identifizierung pathogener Darmbakterien. - Zbl. Bakt. Hyg., I. Abt. Orig. A 240, 86-93 (1978)

3. BOTZENHART, K., WOLF, R., THOFERN, E.: Das Verhalten von Pseudomonas aeruginosa in Oberflächenwasser, Kühlwasser. - Zbl. Bakt. Hyg., I. Abt. Orig. B 161, 72-83 (1975)

4. CARLSON, G.: Zur Hygiene der Freibadegewässer und öffentlichen Schwimmbäder. - Bundesgeshbl. 9, 34-38 (1966)

5. CRAVEN, Ph. C., MACKEL, D. C., BAINE, W. B., BARKER, W. H.: International outbreak of Salmonella eastbourne infection traced to contaminated chocolate. - Lancet I, No. 7910, 788-793 (1975)

6. D'AOUST, J. Y., PIVNICK, H.: Small infectious doses of Salmonella.- Lancet I, No. 7988, 866 (1976)

7. DEV: Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlamm-Untersuchung. - Verlag Chemie, Weinheim (1975)

8. EWG-Richtlinie: Richtlinie des Rates vom 08. Dez. 1975 über die Qualität der Badegewässer. - (76/160/EWG)

9. GÄRTNER, H.: Überwachung von Badewasser. - Das öff. Gesundh.-Wesen 34, 444-451 (1972)

10. GÄRTNER, H., HAVEMEISTER, G., WALDVOGEL, B., WUTHE, H. H.: Qualitative und quantitative Salmonellenuntersuchungen und ihre hygienische Bewertung im Zusammenhang mit dem E. coli-Titer, dargestellt an Beispielen aus den Küstengewässern der Kieler Bucht (westliche Ostsee). - Zbl. Bakt. Hyg., I. Abtl. Orig. B 160, 246-267 (1975)

11. GÄRTNER, H.: Ökologische und hygienische Probleme der Küstengewässer. - Zbl. Bakt. Hyg., I. Abt. Orig. B 166, 222-243 (1978)

12. GUSINDE, R. E.: Auswertung bakteriologischer Untersuchungen an Kärntner Badeseen. - Zbl. Bakt. Hyg., I. Abtl. Orig. B 167, 326-336 (1978)

13. HAVEMEISTER, G.: Die Beurteilung von natürlichen Badegewässern aus bakteriologisch-hygienischer Sicht. - Zbl. Bakt. Hyg., I. Abt. Orig. B 172, 215-226 (1980)

14. HESS, E., BREER, C.: Salmonellenepidemiologie und Grünlanddüngungen mit Klärschlamm. - Zbl. Bakt. Hyg., I. Abt. Orig. B 161, 54-60 (1975)

15. HOADLEY, W., McCOY, E., ROHLICH, G. A.: Untersuchungen von Pseudomonas aeruginosa in Oberflächengewässern. - Arch. Hyg. 152/4, 328-345 (1968)

16. KAMPELMACHER, E. H., FONDS, A. W., JANSEN, L. M.: Bakteriologische Untersuchungen von Meerwasser entlang der niederländischen Küste in den Jahren 1971-1972. - Zbl. Bakt. Hyg., I. Abt. Orig. B 157, 313-327 (1973)

17. KRAUS, P., WEBER, F.: Untersuchungen über die Haltbarkeit von Krankheitserregern in Trink- und Oberflächenwasser. - Zbl. Bakt. Hyg., I. Abt. Orig. A 171, (1957)

18. KELTERBORN, E.: Über die Häufigkeit des Vorkommens der Salmonella-Species. Eine Untersuchung an 1,5 Millionen Salmonella-Kulturen, die von 1934 bis 1975 in 109 Ländern isoliert worden waren. - Zbl. Bakt. Hyg., I. Abt. Orig. A 243, 289-307 (1979)

19. LOWBURY, E. J. L., COLLINS, A. G.: The use of a new cetrimide product in a selective medium for Pseudomonas Pyocyanea. - J. clin. Pathol., 8, 47-48 (1955)

20. McCULLOUGH, N. B., EISELE, C. W.: Experimental human salmonellosis. - J. Infect. Dis. 88, 278-289 (1951)

21. METZ, H., LIEB, U.: Die Enteritissalmonellen bei Mensch und Tier in den Jahren 1953-1975 in Südbayern. - Zbl. Bakt. Hyg., I. Abt. Orig. B 171, 231-255 (1980)

22. MÜLLER, E. H.: Vergleichende Untersuchungen über die Effizienz von Selenit- und Tetrathionat-Brühe und von Leifson- und Wilson-Blair-Agar bei der Isolierung von Salmonellen. - Zbl. Bakt. Hyg., I. Abt. Orig. A 248, 202-209 (1980)

23. NICKERSON, J. T., SINSKEY, A.: Microbiology of Foods and Food Processing. - Americ. Elsevier Publishing Comp., New York, Amsterdam, London (1972)

24. PAGON, S., SONNABEND, W., KRECH, U.: Epidemiologische Zusammenhänge zwischen menschlichen und tierischen Salmonella-Ausscheidern und deren Umwelt im schweizerischen Bodenseeraum. - Zbl. Bakt. Hyg., I. Abt. Orig. B 158, 395-411 (1974)

25. POPP, L.: Vorfluter - ein reichhaltiges Salmonellen-Reservoir. - Zbl. Bakt. Hyg., I. Abt. Orig. 166, 90-94 (1956)

26. POPP, L.: Der Nachweis von Salmonellen in flußwasser und Abwasser. - Zbl. Bakt. Hyg., I. Abt. Orig. 189, 366-368 (1963)

27. POPP, L.: Über die Elimination von Salmonellen durch biologische Abwasserbehandlung. - Zbl. Bakt. Hyg., I. Abt. Orig. B 157, 184-195 (1973)

28. POPP, L.: Salmonellen und natürliche Selbstreinigung der Gewässer. - Zbl. Bakt. Hyg., I. Abt. Orig. B 158, 432-445 (1974)

29. POPP, L.: Salmonellen beim Menschen und in seiner Umwelt. Bericht über Beobachtungen aus einem Zeitraum von 21 Jahren (1954-1974 incl.). - Das öff. Gesundh.-Wesen 37, 650-663 (1975)

30. PREUSS, H.: Über eine neue Tetrathionat-Anreicherung. - Z. Hyg., 129, 187-214 (1949)

31. SCHUA, L.: Erfahrungsbericht über Erkenntnisse des besonderen Charakters des Limnischen Ökosystems des gestauten und schiffbaren Fließgewässers Main. - Persönl. Mitteilung (1981)

32. RÜDEN, H., THOFERN, E., AUSTERMANN, H.-J.: Zum Vorkommen von coliformen Bakterien und Ps. aeruginosa in Feuchtbereichen außerhalb des Krankenhauses. - Das öff. Gesundh.-Wesen 39, 1-6 (1977)

33. ROCH, K., KAFFKA, A.: Epidemiologische Beziehungen zwischen Verbreitung der Salmonellen in Oberflächen- und Abwasser und Salmonellose-Morbidität in Hamburg (1969-1978). - Das öff. Gesundh.-Wesen 31, 454-460 (1979)

34. SCHUBERT, R. H. W., THRULL, R., SCHEIBER, P.: Ein kasuistischer Beitrag zur Frage der hygienischen Beurteilung von Badeseen. - Bundesgesundheitsblatt 22, Nr. 20, 365-369 (1979)

35. SINELL, H.-J.: Einführung in die Lebensmittelhygiene. - Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg (1980)

36. Trinkwasserverordnung: Verordnung über Trinkwasser und über Brauchwasser für Lebensmittelbetriebe. - Bundesgesetzblatt 16 (1975), 39-42

37. WITZENHAUSEN, R.: Aus welcher Wassertiefe soll die Wasserprobe für die bakteriologische Untersuchung entnommen werden? - Zbl. Bakt. Hyg., I. Abt. Orig. B 156, 373-382 (1972)

38. WUTHE, H.-H.: Über eine Methode der stufenweisen Anreicherung zum Nachweis von Salmonellen im Süß- und Salzwasser. - Zbl. Bakt. Hyg., I. Abt. Orig. B 157, 328-332 (1973)

Meinen herzlichen Dank möchte ich für die Überlassung des Themas Herrn Prof. Dr. phil. W. Döll aussprechen. Durch seine wertvolle Anleitung bei der Planung und Durchführung der Arbeit hat er mich sehr unterstützt.

Herrn Prof. Dr. med. H. P. R. Seeliger danke ich für die Übernahme des Korreferates.

Herrn Prof. Dr. L. Schua danke ich recht herzlich für die Unterstützung beim Werdegang der Arbeit.

Den Mitarbeitern des Instituts für Hygiene und Mikrobiologie, insbesondere Herrn Hahn und Frl. Bednarek, sowie den Mitarbeitern aus dem AHB-Labor sei für die technische Unterstützung bei manchen, aufflammenden Problemen gedankt.

Lebenslauf

Name:	Willi Seubert
geboren:	09. Juni 1956 in Würzburg
wohnhaft:	8700 Würzburg Sandbergerstr. 16
Familienstand:	ledig
Konfession:	römisch-katholisch
Eltern:	Chlodwig und Emma Seubert
Beruf des Vaters:	Rentner
Beruf der Mutter:	Hausfrau
wohnhaft:	8702 Kist, Untere Dorfstr. 45

1962	Einschulung in die Volksschule Kist
1966	Besuch des Röntgen-Gymnasiums Würzburg, naturwissenschaftlicher Zweig
1975	Reifeprüfung am Röntgen-Gymnasium Würzburg
1976	Beginn des Studiums der Humanmedizin zum SS 1976 an der Julius-Maximilians-Universität Würzburg
1978	Ablegen der Ärztlichen Vorprüfung
1979	Ablegen des ersten Abschnitts der Ärztlichen Prüfung
1981	Ablegen des zweiten Teils der Ärztlichen Prüfung
1981/82	Ausbildung im Praktischen Jahr an - der Medizinischen Poliklinik bei Prof. Franke, - der Psychiatrischen Universitätsklinik bei Prof. Schrappe, - der Chirurgischen Universitätsklinik bei Prof. Kern
23.4.1982	Abschluß des Studiums nach insgesamt 12 Semestern mit dem Dritten Teil der Ärztlichen Prüfung
28.4.1982	Approbation als Arzt